Módulo 08 - A

(El transistor como amplificador de Audio)

Un amplificador es un dispositivo que, mediante la utilización de energía, magnifica la amplitud de un fenómeno. En términos particulares, "amplificador" es un aparato al que se le conecta un dispositivo fuente de sonido y aumenta la magnitud del volumen. Puede decirse que un amplificador es un dispositivo que utiliza energía para magnificar la amplitud de un fenómeno.

El amplificador puede realizar su función de manera pasiva, variando la relación entre la corriente y el voltaje, o de forma activa, tomando potencia de una fuente de alimentación y aumentando la potencia de la señal a su salida del amplificador, habitualmente manteniendo la forma de la señal, pero dotándola de mayor amplitud.

Dentro de un amplificador el componente activo podrá ser una válvula de vacío, un transistor, o un circuito integrado. Sea cual sea dicho componente existirán configuraciones estándares para la proyección de diversos tipos de amplificadores.

Clases de amplificadores

Clase A: Son amplificadores que consumen corrientes continuas altas de su fuente de alimentación, independientemente de la existencia de señal en la entrada. Cuando no hay señal de entrada la corriente fluye directamente del negativo al positivo de la fuente de alimentación, consumiéndose de ésta forma potencia sin resultar útil.

Clase A-B: Reciben una pequeña polarización constante en su entrada, independiente de la existencia de señal. *Es la clase más común en audio*, al tener alto rendimiento y calidad. Estos amplificadores reciben dicho nombre porque con señales grandes se comportan como un clase B, pero con señales pequeñas no presentan la distorsión de cruce por cero de la clase B.

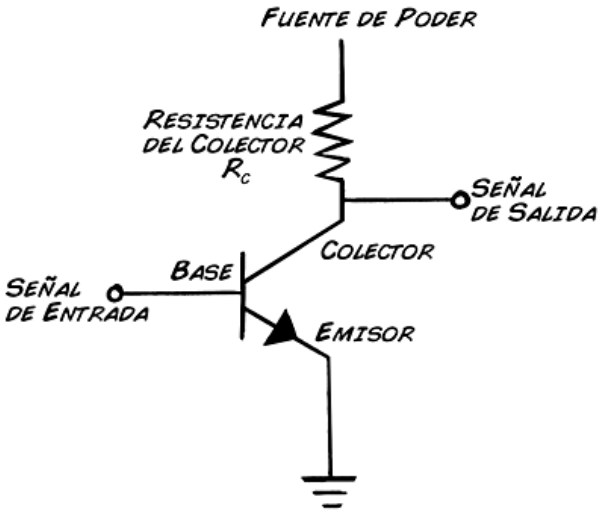
Clase B: Se caracterizan por tener intensidad casi nula a través de sus transistores cuando no hay señal en la entrada del circuito. Tienen una distorsión notable con señales pequeñas, denominada distorsión de cruce por cero.

Clase C: Son conceptualmente similares a los de clase B en que la etapa de salida ubica su punto de trabajo en un extremo de su recta de carga con corriente de polarización cero. Sin embargo, su estado de reposo (sin señal) se sitúa en la zona de saturación con alta corriente, o sea el otro extremo de la recta de carga.

Los amplificadores comerciales constan comúnmente de una o más fuentes de alimentación que se encargan de suministrar energía a todos los circuitos. Éstos son previos a la etapa de salida y opcionales tales como controles de balance, graves, agudos, volumen y otros.

No se preocupe por tanto concepto y tecnicismo nuevo, todo esto lo irá aprendiendo sobre la marcha, comenzaremos con circuitos básicos de amplificación con uno o dos transistores hasta amplificadores de potencia media con todas las etapas requeridas profesionalmente… obvio, siempre con transistores como elemento activo.

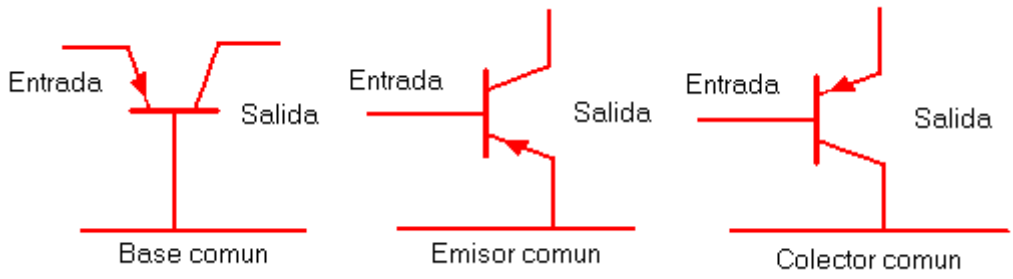
Comencemos con el diseño más simple, que aunque se parezca a las configuraciones que hemos venido utilizando, en éste módulo nos veremos en la obligación de estudiar algunas características que hasta ahora no eran tenidas en cuenta…



En la imagen superior vemos un clásico transistor NPN conectado de forma casi clásica ya para nosotros, pero… éste tipo de configuración circuital tiene nombre???

Si, lo tiene y se llama configuración en ***Emisor común***.

Aquí le muestro todas las posibles configuraciones:



Como podemos ver claramente en los ejemplos se utilizó un transistor PNP, debo decir que los mismos corren con total validez también para los transistores NPN.

Usted se podrá preguntar el porqué de cada una de estas formas de conectar un transistor?, bien le diré que cada una tiene características particulares y se utilizará una u otra de acuerdo a las necesidades específicas de determinado circuito.

Cada configuración tendrá particularidades referentes a la resistencia de entrada y salida, ganancia, desfasaje de la señal de salida con respecto a la de entrada entre otras.

Le hago una breve reseña sólo para tener una idea básica pero sólida.

1) ***Cuando hablamos de la configuración de Base-común tendremos una impedancia o resistencia de entrada baja (10 - 200Ω), una impedancia de salida alta (300 – 300KΩ) y una alta ganancia sin inversión de fase a la salida. Ésta configuración es muy utilizada para adaptar o acoplar diferentes impedancias dentro de un circuito.***

2) ***Cuando hablamos de la configuración de Emisor-común tendremos una impedancia o resistencia de entrada media (250 - 300Ω), una impedancia de salida también media (20KΩ) la ganancia es buena con inversión de fase a la salida. Ésta configuración es muy utilizada cuando necesitamos amplificar corriente.***

3) ***Cuando hablamos de la configuración de Colector-común tendremos una impedancia o resistencia de entrada alta (600 – 100KΩ), una impedancia de salida baja (10 – 200Ω) con mala ganancia pero sin inversión de fase a la salida. Ésta configuración es ideal para adaptar o acoplar diferentes impedancias dentro de un circuito.***

Como le dije unos renglones más arriba a éste tipo de detalles no le dábamos importancia en los módulos anteriores, pero cuando hablamos de amplificadores de audio debemos tener estos conceptos un poco más a mano.

Los veremos en la práctica y nos servirá al menos conocer las características básicas de cada uno de ellos para entender el porqué de la utilización de los mismos en algunos circuitos.

Entre nosotros le diré que igual la más utilizada casi siempre será la de Emisor-común y ya se lo demostraré, pero que le parece si comenzamos a ver circuitos prácticos y comenzamos a hacer las asociaciones de todo lo teórico con lo práctico…

Hay varias configuraciones posibles de amplificadores que utilizan transistores ***NPN***, pero como dijimos vamos a utilizar la configuración de ***"Emisor-común"***, ya que es, por lejos como ya he dicho la más popular.

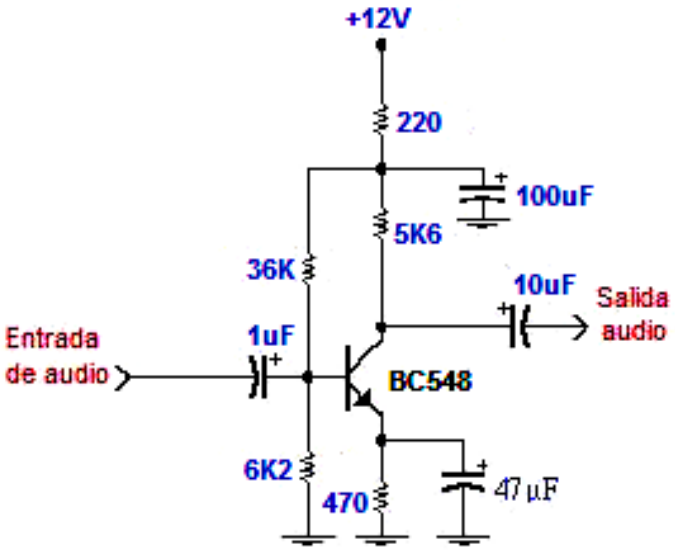
Y por qué se llama amplificador en ***"Emisor-común"***? - porque la base es por donde entrará la señal, y el colector es por donde saldrá la misma, el "común" o "tierra" tanto para entrada o salida es el ***emisor***.

Esta configuración nos permite disponer de alto voltaje y alta ganancia de corriente.

Práctica número 31

Comenzaremos por describir un circuito básico amplificador, es más… es un circuito que perfectamente puede utilizarse en la práctica.

Éste circuito pese a ser un amplificador no será capaz de mover un parlante por sí mismo, por ello se les conoce como circuitos pre-amplificadores o previos de entrada, su función es la de pre amplificar una señal muy débil (por ejemplo un micrófono) para luego si atacar a una etapa amplificadora y mover los parlantes.



Se puede observar claramente que el transistor BC548 se encuentra en disposición de ***Emisor común***, y en una configuración de amplificador ***clase A-B***.

Explicando la función de algunos componentes en éste primer circuito diremos que la resistencia de ***220Ω*** y el condensador de ***100µF*** estabilizan las fluctuaciones de alimentación que alteren el funcionamiento del amplificador.

Las resistencias de Base de ***36K*** y la de ***6K2*** constituyen un divisor de tensión que polarizan la misma con apenas lo necesario para mantener al transistor conduciendo.

El condensador de ***1µF*** en la base del transistor será el encargado de desacoplar la corriente continua y sólo dejar pasar la alterna (en nuestro caso sonido) para continuar el camino de la amplificación.

La resistencia de Emisor será baja (***470Ω***) y el condensador en paralelo de ***47µF*** conforman una red a tierra para bajas frecuencias y además polarizan correctamente al transistor.

En el Colector encontramos una resistencia de carga de ***5K6*** que permite la alimentación desde el positivo y además nos entregará la corriente de salida.

Por último desde la resistencia antes mencionada y la unión con el colector se extraerá la señal de salida, que otra vez y a través de un condensador de desacople (***10µF***) nos entregará la señal de alterna (sonido, música o voz) que se haya introducido a la entrada.

Le pido encarecidamente que se tome el tiempo para razonar el circuito antes de armarlo y haga todas las preguntas pertinentes al mismo ya que puedo asegurarle que en éste circuito se encuentra condensada toda la teoría acerca de los amplificadores antes descrita.

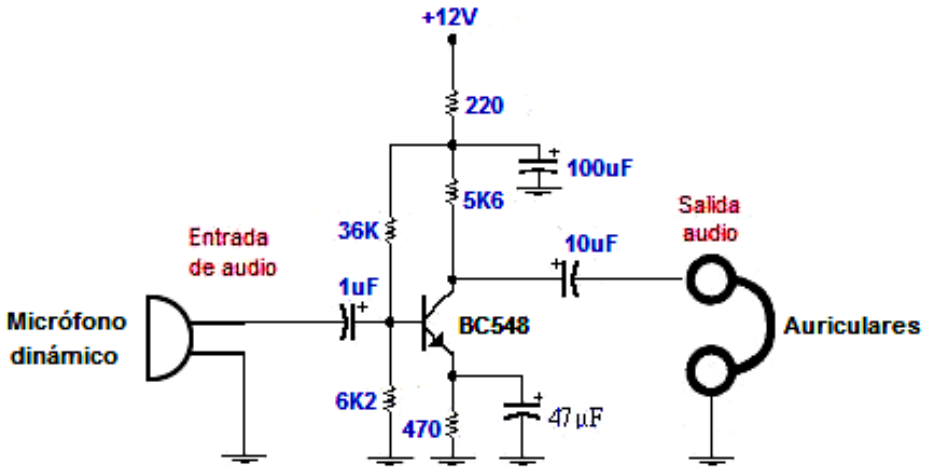
Si logro hacer que usted comprenda mínimamente el funcionamiento de éste circuito sin hablar de complicadas curvas de polarización ni de voltajes exactos e intensidades estoy seguro que iremos por buen camino.

La entrada y la salida estarán referidas a tierra, esto querrá decir que un cable del micrófono irá a la entrada y el otro a negativo.

Lo mismo ocurre con la salida, utilizaremos cualquier auricular de dispositivo móvil o reproductor de MP3, y se conectará de la misma manera que la entrada. Un cable del auricular a la salida y el otro a negativo.

Si todo está bien montado deberemos oír (no con alto volumen) los sonidos generados frente al micrófono de manera clara en los auriculares.

Veamos como deberá conectarse todo a nuestro circuito para disipar dudas.



Recuerde que tanto como el micrófono y los auriculares no tienen en principio polaridad ya que ambos son solo bobinas móviles y funcionarán conectándolos en ambos sentidos.

Antes de pasar al siguiente circuito creo que algo muy provechoso sería explicar un poquito algunas cosas acerca de los micrófonos y la conexión de los auriculares…

Micrófonos Dinámicos y micrófonos Eletretos:

Aunque hay algunos tipos más de micrófonos (de cinta, de carbón y capacitivos) éstos dos son los más conocidos, los Dinámicos o de bobina móvil, y los electrónicos o Eletretos.

Micrófonos dinámicos:

Están construidos en base a un imán fijo y una bobina móvil que estará sujeta a una membrana que vibrará con las ondas sonoras (lo inverso a un parlante), éste movimiento de la bobina dentro de un campo magnético generara un voltaje que aunque muy pequeño (mili volts) contendrá toda la información de audio.

Generalmente son de muy buena calidad y son los preferidos para estudios de grabación y radiofonía ya que tienen muy buena respuesta de frecuencia, obviamente estas mismas virtudes los hacen bastante caros.

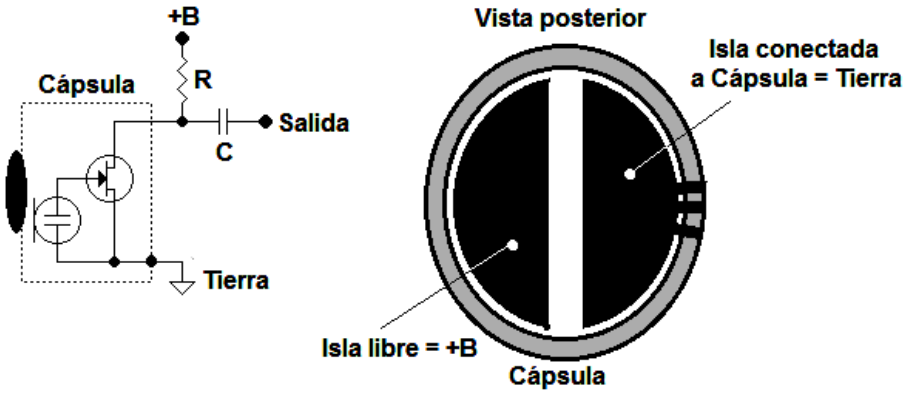
Micrófonos Eletretos:

Son micrófonos relativamente modernos que funcionan por efecto capacitivo de una membrana pre cargada eléctricamente la cual excita a un transistor de efecto de campo (***Transistor FET***).

Estos micrófonos no generarán corriente como los dinámicos, sino que habrá que alimentarlos externamente con un voltaje de excitación para que puedan funcionar sus componentes internos.

Los micrófonos eletret han encontrado aplicación en todo tipo de aparato tales como celulares, informática, radio y toda aplicación que requiera un sistema de captación sensible de sonido a un precio muchísimo más bajo que los dinámicos pero manteniendo una muy buena calidad.

Los voltajes de alimentación serán muy amplios para estos tipos de transductores siendo siempre muy importante la resistencia limitadora exterior asociada a ellos, también se les debe agregar un condensador de desacople externo y deberemos recordar siendo esto muy importante, que éstos micrófonos tienen polaridad (un pin será positivo y otro irá a tierra)



Veamos este tipo de micrófonos en la vida real:

Recordemos que este curso no es de micrófonos y sus características… pero creo usted debe conocer los dos tipos de micrófono más utilizados en la actualidad y saber cómo funcionan.

Auriculares y sus conectores:

Muy bien mi estimado alumno, el solo inicio del tema de amplificadores ya nos ha traído muchas cosas nuevas al tapete. Algunas conocidas y otras no tanto, yo siempre fiel a mi mecánica se las explicaré de manera simple y concreta sin entrar en detalles técnicos que luego en el taller prácticamente no utilizaremos.

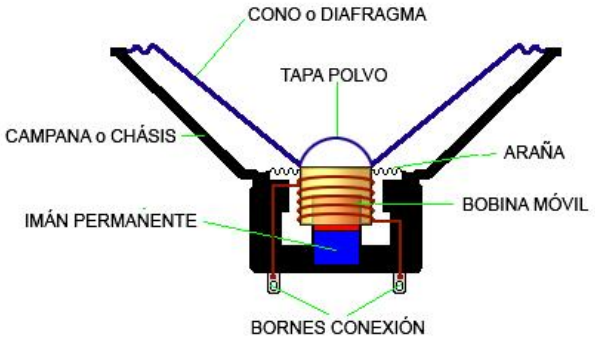
Antes de hablar del auricular voy a tocar aunque más no sea por encima el tema de los altavoces… que son padres de sus hijos pequeños los auriculares.

Altavoces o Parlantes:

Serán los encargados de convertir señales eléctricas en señales acústicas, de aquí que se los conozca como transductores, sus presentaciones serán varias ya que se adaptarán de acuerdo a la potencia y el lugar requeridos.

Estarán constituidos básicamente por un cono o diafragma que estará fijado a una bobina la cual será rodeada por un fuerte campo magnético, al ser ésta recorrida por una corriente generará también otro campo magnético que será repelido o atraído por el imán fijo produciéndose de esta forma el movimiento del cono.

Dicho movimiento generará la oscilación del aire produciendo de esta forma ondas sonoras que llegarán a nuestros oídos, dependiendo de la fuerza de éstas oscilaciones dependerá el volumen de sonido captado por el escucha.



En un parlante sus terminales estarán marcados con un positivo (**+**) y un negativo (**-**), esto se debe a que para la conexión en red de más de uno de ellos habrá ciertos cuidados así como también cuando éstos comparten espacios reducidos y deben trabajar en fase (normas de alta fidelidad).

Para nosotros esto prácticamente no tendrá importancia y podremos conectarlos de una forma u otra, ahora bien, hay dos factores muy importantes a la hora de reemplazar o elegir un parlante que no deberemos olvidar…

El primero será la impedancia del mismo (que no es lo mismo que resistencia aunque se mide en Ohmios), por lo general habrá tres valores bien estándares que serán **4, 8 y 16Ω**.

Nunca deberemos sustituir un parlante de mayor impedancia por otro de menor, pues entonces se correrá el riesgo de destruir el amplificador. Si podremos sustituir uno de baja impedancia (por ejemplo **4Ω**) por uno de **8** o **16Ω**, pero el rendimiento del amplificador se verá notoriamente disminuido, aunque con seguridad no lo deterioraremos…

Yo aconsejo siempre sustituir el valor de impedancia de un parlante por otro idéntico, recuerde que todo el sistema electrónico ha sido diseñado para determinado valor y deberemos respetar esto.

El segundo factor será la potencia que podrá desarrollar dicho parlante, yo resumo esto como el grosor del alambre con que se bobina el mismo. Por ende podremos tener parlantes de *8Ω por 0,25 Watts*, o de *8Ω por 100 Watts* o más… una cosa será la cantidad de vueltas para lograr determinada resistencia (impedancia) y otra muy distinta será el grosor de alambre de la bobina (potencia).

Aconsejo aquí como en el caso anterior no hacer cambios, si dice 50 Watts cambiar por otro de la misma potencia… o en el peor de los casos por otro de mayor pero nunca de menor potencia, recuerde que de colocar otro parlante más chico y aunque éste sea de la impedancia correcta (Ω) el bobinado al ser más fino recalentará y terminará por quemarse… convirtiéndose en un corto circuito y ahora si estropeando al amplificador.

Auriculares y Jacks:

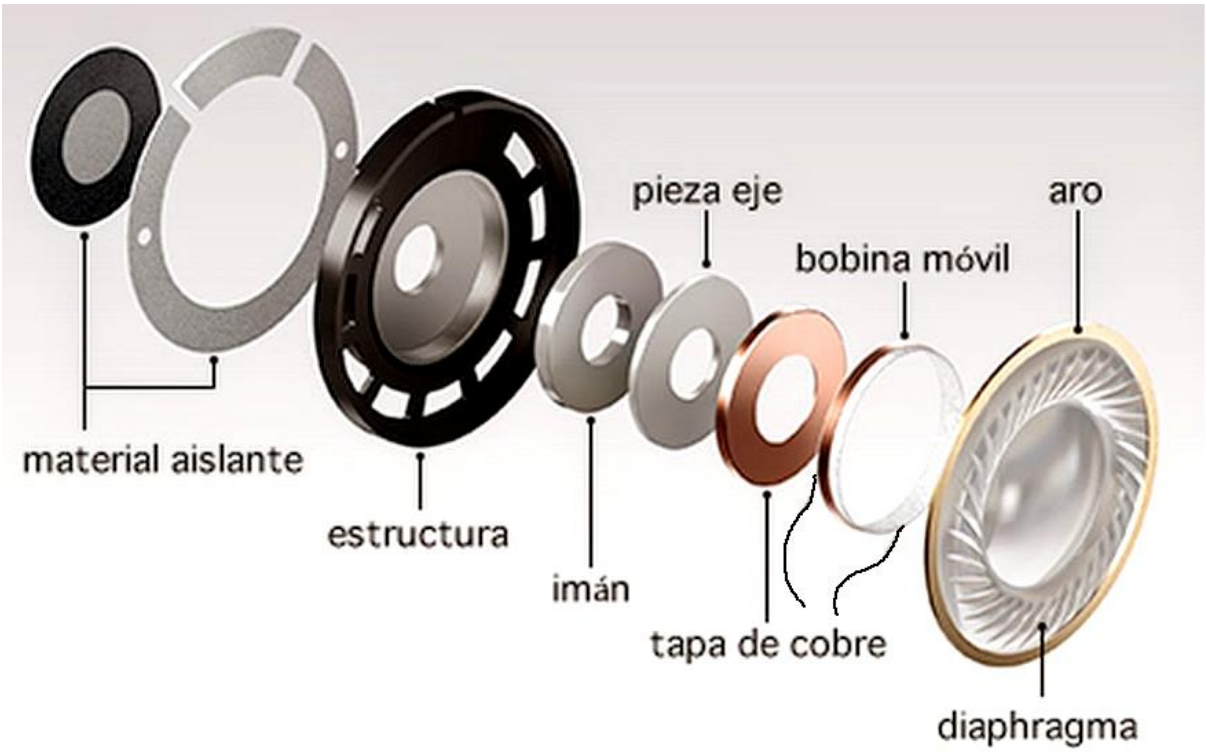
Los auriculares son un altavoz en miniatura, obvio que con algunos cambios pero podemos hacer una perfecta analogía entre ambos.

Los habrá de variados formatos e impedancias, veamos algunas imágenes:

Aquí podremos ver que los formatos serán variados y se adaptarán a nuestro oído y anatomía, en cuanto a la impedancia y potencia que desarrollan será variado el espectro ya que los habrá de todo tipo, desde los económicos que por un par de dólares nos vivirán dando dolores de cabeza, hasta los de mejor calidad que dadas sus características podrán costar varios cientos de dólares.

La impedancia en ellos variará enormemente de acuerdo al modelo y al equipo con el que hayan sido diseñados para funcionar, podremos decir que los auriculares más “estándar” rondarán los ***15 a 30Ω*** por auricular, la potencia más común que podrán desarrollar estará en el orden de los ***0,035 Watts*** (35 mili Watts).

Veamos la anatomía de uno de ellos:

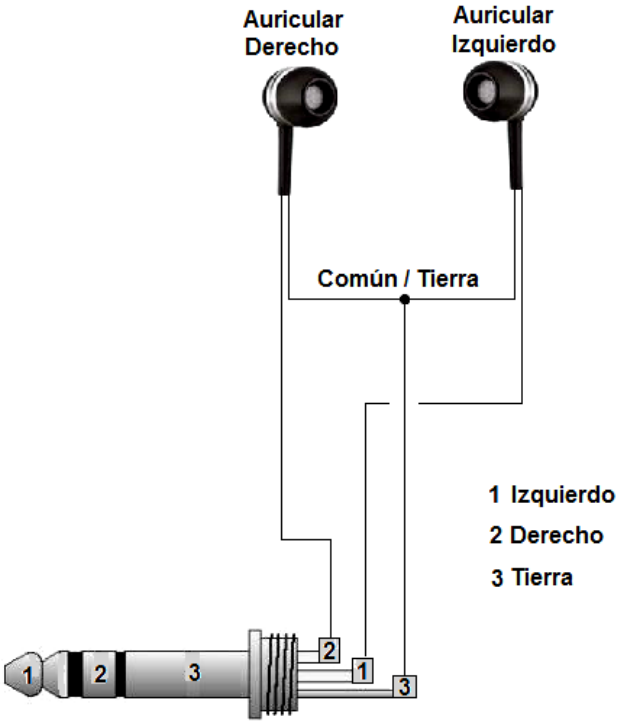


Con el avance de los años y los gigantes pasos de la tecnología se ha logrado reducir el tamaño de los auriculares sin perder calidad de sonido ni potencia.

Uno de los avances más grandes en el tema auriculares ha sido principalmente la utilización de nuevos materiales en la ***membrana*** que dan mayor claridad y nitidez al sonido, y por otra parte el uso de nuevos tipos de imanes de mayor potencia como los de ***Neodimio*** darán mayor potencia de audio.

La conexión de los auriculares tipo estándar (sin micrófono o manos libres) se hará mediante un conector o Jack tipo “Spica” (se les denomina así por las antiguas radios portátiles que fueron las primeras en utilizar masivamente en Uruguay éste tipo de pase) o también se les puede llamar Plug.

Podremos encontrar estos Plug en varios tamaños y con distintas secciones de acuerdo a las funciones que estén incluidas en los auriculares, los más comunes serán los de ***dos secciones*** (mono aurales), los estéreo (***tres secciones***) y los de ***cuatro secciones*** (manos libres).



El esquema de la izquierda muestra la conexión clásica de unos auriculares estéreo.

El Jack o Plug que se ve es del tipo macho y su medida es de 3,5mm. También los hay de 2,5mm y de 6,3mm.

En éste caso es de tres secciones lo que nos indica que el sonido en cada auricular será independiente (estéreo), compartiendo un cable con el otro auricular llamado común o tierra.

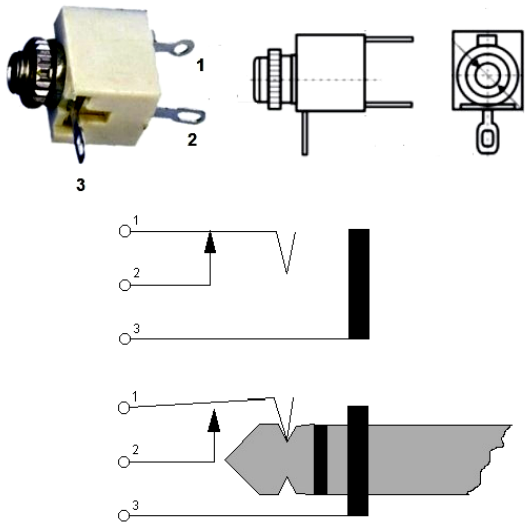
Hoy día es muy común encontrar Jacks de cuatro secciones ya que casi todos los auriculares que hay en plaza están pensados para su uso en dispositivos celulares, lo que implica que se sume una señal extra para el micrófono y el botón de atender/cortar.

4 Tierra → **a veces se intercambian !!!**
3 Mic
2 Canal derecho Audio
1 Canal izquierdo Audio

Obvio que lo que hemos visto hasta el momento se trata de la mitad del problema… pues los Plug machos se complementan con los Plug hembra.

Aquí también los habrá de dos secciones (Mono), de tres (Estéreo) y de cuatro secciones (con Micrófono).

Podrán o no contar con llave de automática para enmudecer el parlante cuando se conecta el Plug y ser de panel (con rosca para fijar al mismo) o directamente ser de impreso o inclusive de impreso SMD (montaje superficial).

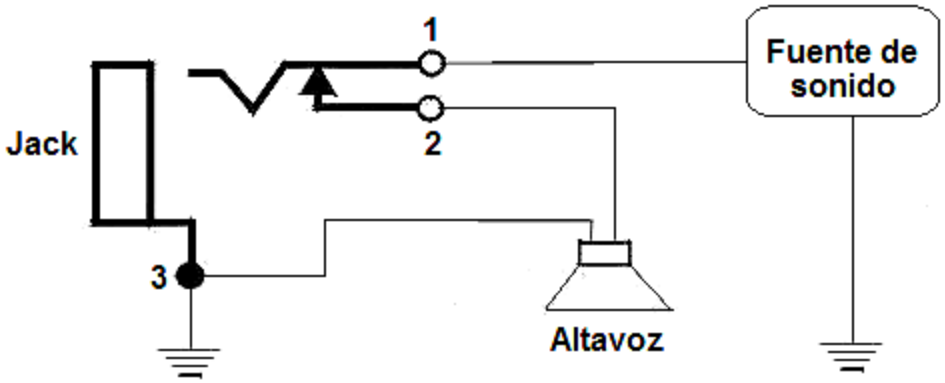


En la imagen de la izquierda se puede apreciar como la entrada del Jack abre la conexión entre los terminales 1 y 2.

La entrada de audio se realizará por el terminal número 1 y mientras no se conecte el Jack dicha señal saldrá por el terminal número 2 hacia el altavoz.

Cuando el Jack es conectado la señal de audio ya no podrá llegar al altavoz pero se irá a los auriculares a través de la sección número 1 del Jack.

Veamos un esquema que estoy seguro será de mucha ayuda donde se verán las conexiones completas de un Jack con la conexión de un altavoz.



La idea de toda esta información es que usted al comprar o conseguir Jacks tanto machos como hembras pueda simplemente con el Óhmetro testear sus terminales y así poder descifrar su conexionado.

De aquí en más en éste módulo seguiremos viendo y utilizando Jacks para conectar auriculares a nuestros proyectos, de esta forma evitaremos destruir auriculares que se encuentren operativos.

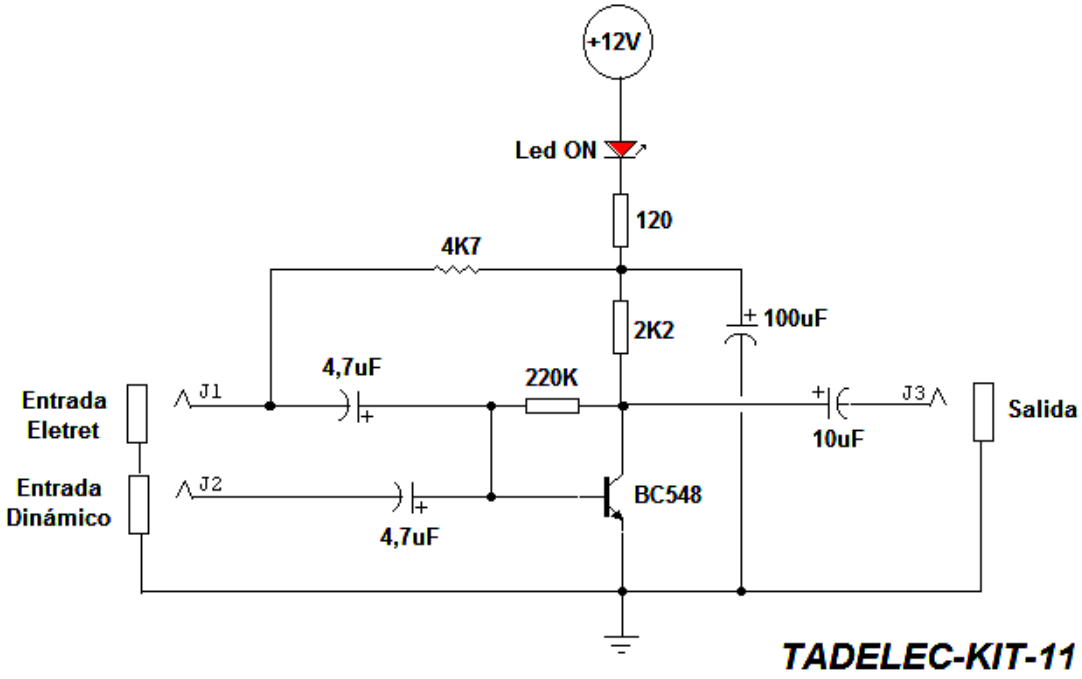
La idea es que de a poco en las siguientes prácticas sigamos utilizando tanto auriculares como parlantes, micrófonos y transistores para realizar todo tipo de amplificadores de audio.

Práctica número 32

Siguiendo con las prácticas propondré ahora la realización de un amplificador tipo profesional para micrófono dinámico y para micrófono eletret, llamándolo por su correcto nombre sería un pre para micrófonos con prestaciones semi profesionales.

Podemos observar en la siguiente imagen cómo se realiza la doble entrada para ambos micrófonos, prestando especial atención a la entrada del micrófono ***eletret*** pues aparece una resistencia de ***4K7*** que alimentará al transductor como vimos que era necesario algunas páginas más arriba.

Luego no habrá nada nuevo ya que es muy similar al circuito de la práctica anterior, también se dispuso un Led rojo en serie para que indica cuando el circuito se encuentra operativo.



Este circuito resulta ideal para colocar entre el micrófono y la entrada de cualquier amplificador. Posee dos entradas ***J1 y J2***. ***J1*** está especialmente diseñada para micrófonos del tipo electret, ya que se le provee su polarización.

J2 es para cualquier otro tipo de micrófonos (dinámicos), su principio de funcionamiento es muy simple. Constituye un amplificador de 1 etapa ***clase A-B*** conformado por ***T1***. Su ganancia de tensión es de aproximadamente ***20 a 30 Db***.

La entrada para micrófono electret dispone de una pequeña corriente de polarización (***1 mA*** aproximadamente), ya que este tipo de dispositivo (micrófono eletret) la requiere para su funcionamiento. Es recomendable utilizar para esta clase de diseños una caja metálica correctamente conectada a tierra para evitar ruidos e interferencias.

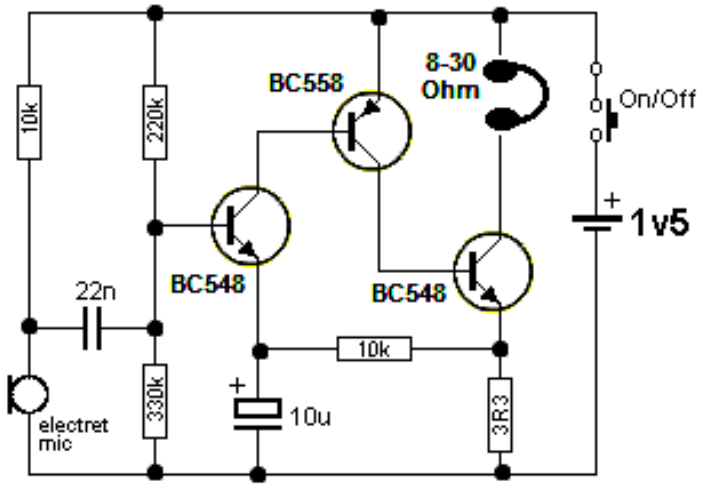
Será difícil lograr buenos resultados en la Protoboard ya que habrá muchos ruidos e interferencias, la alimentación deberá tener muy buen filtrado si es que proviene de la red eléctrica, recordemos que el consumo del circuito es reducido (***100 a 150 mA***) lo cual lo hará perfecto para alimentar a pilas e incluso una batería de 9 Volts de buena calidad (Alcalina) será más que suficiente.

Práctica número 33

Esta práctica será especial por el voltaje de alimentación, como se puede apreciar éste será entregado por una pila chica de 1,5 Volts. Estos circuitos no son comunes y suelen ser muy buscados ya que facilitan la construcción de sistemas portátiles de seguridad o espionaje.

El circuito consistirá de tres transistores que conectados en una disposición “similar a un Darlington” lograrán una gran ganancia y podrán atacar preferentemente a unos auriculares para lograr un volumen más que suficiente para una cómoda audición.

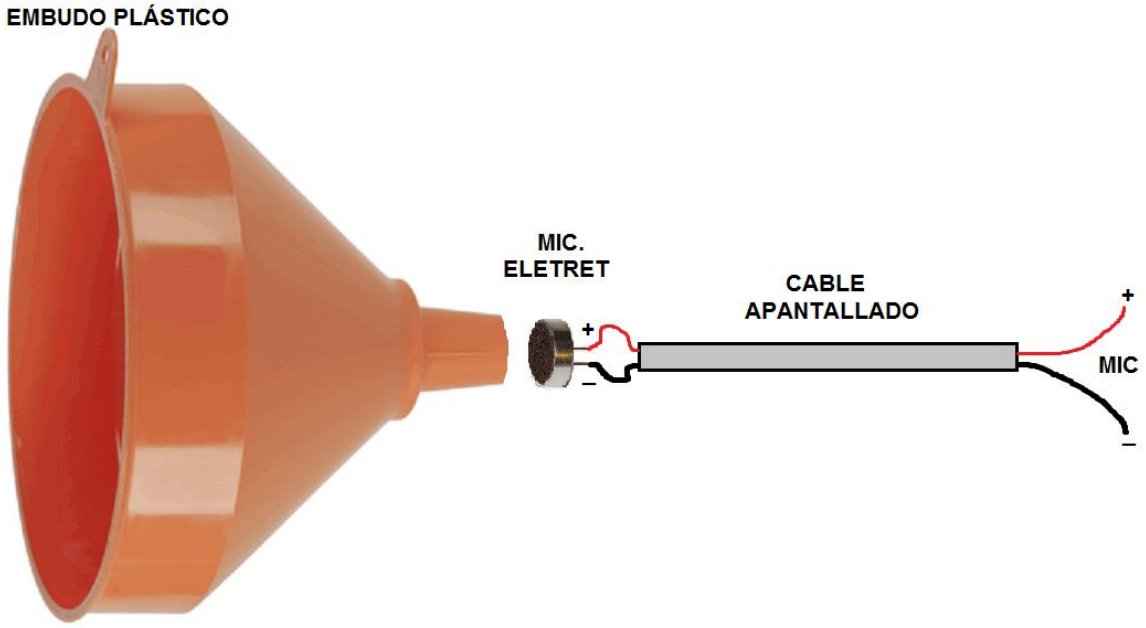
Circuitos similares a éste e incluso este mismo pueden ser útiles para ayudar a mejorar la audición de personas que tengan dificultades auditivas.



TADELEC-KIT-12

Con el agregado de un concentrador de ondas sonoras alrededor del micrófono podremos dirigir con mayor precisión la sensibilidad del amplificador, y no se asuste al escuchar la palabra “concentrador de ondas sonoras”… yo lo he improvisado con un embudo plástico y funciona a la perfección!!!

Al agregar este truco será posible oír a mayor distancia conversaciones que se quieran espiar, o también apoyando el embudo contra la pared podremos escuchar perfectamente las conversaciones de los vecinos… como antes se hacía con un vaso.



Yo resumo esta práctica (número 33) como muy didáctica y divertida, aunque reconozco que aún no hemos movido ningún parlante con potencia estoy seguro que la idea acerca de cómo funciona un amplificador de audio está quedando de a poquito un tanto más clara.

Práctica número 34

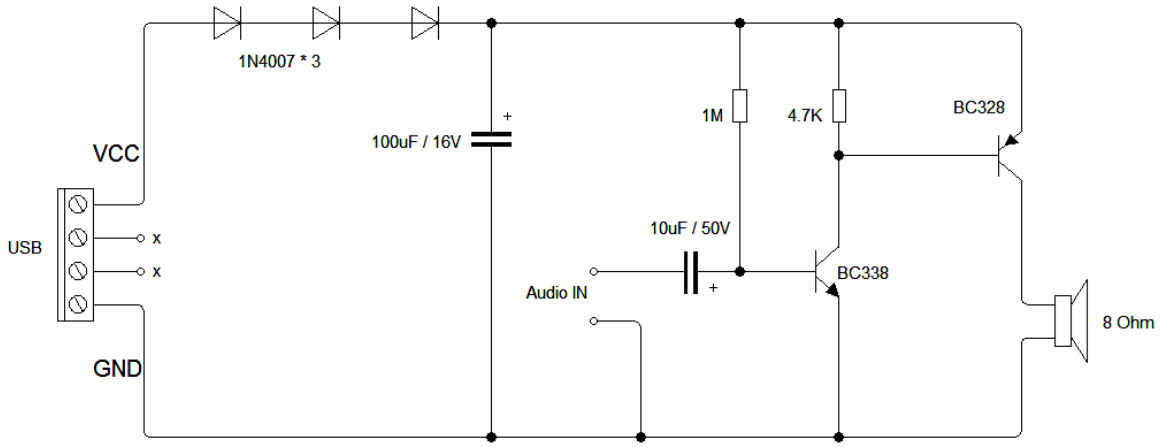
Quisiera redondear la idea básica de un simple amplificador antes de estudiar configuraciones circuitales un tanto más complicadas, ya que en pos de aumentar la potencia de salida y mejorar aspectos como la respuesta de frecuencia deberemos ir mejorando los diseños.

Les propongo a continuación el estudio de un amplificador muy básico pero bastante útil e interesante, se alimentará de un USB y nos dará algunos mili-Watts de potencia sobre un parlante de 8 Ohms por 0,5 Watts.

Podrá perfectamente utilizarse para amplificar el sonido de una Tablet o Notebook o la salida de auricular de nuestro celular para escuchar más cómodamente nuestros archivos MP3.

Es un circuito muy práctico y a pesar de no ser un amplificador realmente de potencia por su configuración y simpleza nos dará buen resultado.

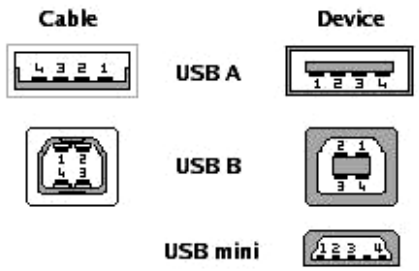
A continuación le muestro el circuito y más abajo detallaremos algunas de características de los componentes a utilizar.



TADELEC-KIT-13

Se podrá utilizar un puntero y cable de un teclado o mouse USB en desuso, más abajo le muestro el cableado estándar con colores y la posición de cada señal de datos y alimentación en los conectores USB.

Los tres diodos 1N4007 sirven para reducir el voltaje de entrada y evitar recalentamientos en los transistores, recuerde que éste tipo de configuración de amplificador siempre consumirá corriente… lamentablemente este será un mal menor hijo de la simpleza del proyecto.

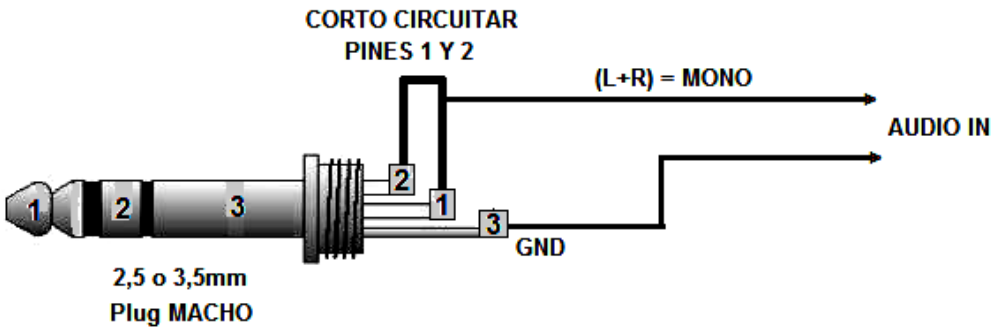


Pin	Signal	Color	Description
1	VCC		+5V
2	D-		Data -
3	D+		Data +
4	GND		Ground

Deberemos tener cuidado con la conexión del positivo y negativo en el puntero USB, recuerde que éste voltaje lo estará proveyendo su computadora o Tablet, será conveniente medir dicho voltaje con el Tester para estar seguros de su polaridad antes de conectarlo al amplificador.

Si somos lo suficientemente metódicos en la realización del circuito impreso o PCB el mismo resultará muy pequeño, pudiendo colocarlo en cualquier lugar, incluso dentro de algún gabinete pequeño para parlantes.

En la entrada de audio yo recomiendo soldar un puntero Plug tipo Espica estéreo para poder conectar a un celular o salida de audio de una computadora, obvio deberemos cortocircuitar ambos canales (L+R) en el Plug para tener a la salida del parlante la suma de ambos canales de audio.



Armemos éste circuito y probemos su volumen… estoy seguro que lo sorprenderá por los resultados y sencillez.

Con el último proyecto daré por culminada la presentación de los amplificadores y los ejemplos simples y sencillos, de aquí en más en el próximo apéndice de éste mismo módulo (Módulo 8-B) veremos amplificadores que quizás ya no podremos armar en Protoboard dado su complejidad, pero serán cien por cien prácticos y comerciales.

Siempre diseñados en base a transistores lograremos potencias nada despreciables con relativamente componentes baratos y de fácil adquisición, lo invito a adentrarnos al último apéndice de éste curso de electrónica… ***ATODO VOLUMEN!!!***